粉蝨傳播 criniviruses 之生物學及其防治策略

李如婷[1]　黃莉欣[1,2]

[1]行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所
[2]通訊作者，電子郵件：lhhuang@tactri.gov.tw

摘 要

Crinivirus 屬爲一種 RNA 植物病毒，屬於 *Closteroviridae* 科，爲引起萵苣、葫蘆科、番茄等蔬果類上重要的病毒病害。Criniviruses 是由粉蝨以半持續性方式傳播，獲毒後，保毒時間約數日至數週，與其獲毒時間長短有關。全世界已記錄 *Crinivirus* 屬有 14 種，其媒介粉蝨有溫室粉蝨 (*Trialeurodes vaporariorum*)、帶翅粉蝨 (*T. abutilonea*) 及煙草粉蝨 (*Bemisia tabaci*) A、B、Q 等三型生物小種。國內已報導 *Crinivirus* 屬種類有 *Tomato infectious chlorosis virus* (TICV)、*Tomato chlorosis virus* (ToCV) 和 *Cucurbit chlorotic yellows virus* (CCYV) 等三種，其中以 CCYV 發生最爲嚴重，由煙草粉蝨 B 型生物小種所傳播，2009 年首見於臺灣，2010 年造成洋香瓜、甜瓜、胡瓜等葫蘆科作物之經濟產值嚴重的損失。爲了減緩植物病毒病害的發生與蔓延，應選擇無帶毒種苗來種植，而加強粉蝨蟲媒的防治是最重要的防範策略，殺蟲劑的使用是最有效且快速的防治手段，再配合黃色黏紙作爲輔助工具誘捕粉蝨成蟲，將可以減少粉蝨傳播病毒的機會。

關鍵詞：*Crinivirus*、粉蝨蟲媒、煙草粉蝨、溫室粉蝨、帶翅粉蝨、生物小種

前 言

粉蝨爲半翅目 (Hemiptera)、胸喙亞目 (Sternorrhyncha)、粉蝨總科 (Aleyrodoidea)、粉蝨科 (Aleyrodidae) 之刺吸式口器昆蟲，分布於熱帶、亞熱帶、溫帶地區。全世界已記錄的粉蝨有 1556 種，分屬於 161 屬 (Martin and Mound, 2007)。煙草粉蝨 (*Bemisia tabaci*) 外部形態的變異往往受其寄主植物的影響，由於寄主植物種類繁雜，故煙草粉蝨被認爲是一個複合種群 (species complex)，目前至少有 24 型生物小種 (biotype) (Ko *et al.*, 2002; De Barro *et al.*, 2011)。煙草粉蝨於 1970 年代在蘇丹新浮現之後，1980 年代煙草粉蝨 biotype B 在美國被發現之後，因寄主範圍不斷地擴增，而快速地擴散至世界各地，除直接爲害寄主植物外，也是重要植物病毒的媒介如番茄捲葉病毒 (*Tamoto leaf curl virus*)，至今已成爲全世界農作物上極具威脅的重要害蟲 (Jones, 2003; De Barro *et al.*, 2011)。1993 年煙草粉蝨 biotype B 被提升爲一新種，命名爲銀葉粉蝨 (silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolli* Bellows & Perring) (Bellows *et al.*, 1994)。之後，銀葉粉蝨之分類地位被受到質疑，多位學者以體型、生殖力、寄主範圍、生化等方法研究結果均認爲煙草粉蝨 biotype B 不適合提升爲一新種，認爲仍應以煙草粉蝨 biotype B 來稱之較

爲適當 (De Barro *et al.*, 2011)。

粉蝨傳播的病毒種類已記錄者約 114 種，其中雙生病毒科 (*Geminiviridae*) 之 *Begomovirus* 佔 90%，*Closteroviridae* 之 *Crinivirus* 屬約佔 6%，另外的 4% 則屬於*Closterovirus*、*Ipomovirus* 及 *Carlavirus* (Jones, 2003)。然而，1556 種的粉蝨中僅有二屬 4 種可傳播植物病毒，分別爲 *B. tabaci*、*Trialeurodes vaporariorum* (greenhouse whitefly)、*T. abutilonea* (banded wing whitefly)、*T. ricini* (Wisler & Duffus, 2001; Jones, 2003)，其中以 *B. tabaci* 傳播的病毒種類較多樣化。

Crinivirus 屬病毒屬於 *Closteroviridae* 科之 RNA 植物病毒，其病毒顆粒爲長絲狀(650-900 nm)，具有兩條單股正極性 RNA，爲一種韌皮部侷限性病毒 (phloem-limited virus) (Wisler *et al.*, 1998a; Martelli *et al.*, 2002)。全世界已記錄 *Crinivirus* 屬種類有 14 種 (Wisler *et al.*, 1998a; Wisler & Duffus, 2001; Martelli *et al.*, 2002; Segundo *et al.*, 2004; Gyoutoku *et al.*, 2009)，均由粉蝨以半持續方式傳播。1998 年國內首度在百日草及番茄上發現疑似 *Crinivirus* 屬病毒感染的病徵，經鑑定爲 *Tomato infectious chlorosis virus* (TICV) 與 *Tomato chlorosis virus* (ToCV) (Tsai *et al.*, 2004)。2009 年 5 月中旬於雲林縣崙背鄉發現洋香瓜全園發生黃化現象，病徵爲葉片褪綠、黃化，葉脈則呈綠色。6-7 月陸續又在崙背、二崙、褒忠等地區的洋香瓜及美濃瓜園內發現類似病徵，經核酸分析及比對後，與日本於 2004 年首次發現的新病毒種 - 瓜類褪綠黃化病毒 (*Cucurbit chlorotic yellows virus*, CCYV) (Gyoutoku *et al.*, 2009) 之 Hsp 62h gene 部分序列具 100% 相同性，2010 年 CCYV 重創中南部洋香瓜及甜瓜產業，導致瓜農損失慘重，銀葉粉蝨 (亦即 *B. tabaci* biotype B) 爲最主要的蟲媒 (Huang *et al.*, 2010)。*Crinivirus* 屬爲近十多年新興的植物病毒，其所造成的危害損失爲全球所重視，本文將簡單介紹 criniviruses 的種類及其蟲媒種類與傳播特性，以提供國內推廣人員田間調查時的參考，也期能從粉蝨傳播的特性來宣導粉蝨防治的重要性，將病毒病害之危害損失降至最低。

Crinivirus 屬分類地位與遺傳特徵

Closterovirus 群之病毒顆粒屬長絲狀，是植物病毒中顆粒最長者，長度約 1200-2000 nm，病毒寄生在韌皮部細胞內。由於新的病毒種類不斷被發現，closterovirus 群於 1996 年被升格成爲 *Closteroviridae* 科 (Pringle, 1996)。根據病毒顆粒型態與基因組成分類爲 *Closterovirus* 與 *Crinivirus* 兩屬。*Closterovirus* 屬的病毒顆粒爲較長的絲狀 (1200-2200 nm)，屬於單條 RNA 基因體 (monopartite genomes)，由蚜蟲以半持續性方式傳播，其模式種爲 *Beet yellows virus* (BYV)。*Crinivirus* 屬則爲較短的絲狀 650-900 nm，具兩條單股正極性 RNA 基因體 (bipartite genomes)，媒介昆蟲爲粉蝨，模式種爲 *Lettuce infectious yellows virus* (LIYV) (Martelli *et al.*, 2002)。由於分子生物學的進步，使吾等對各種病毒的特性更加瞭解，Karasev (2000) 認爲 closterovirus 群的分類不應只考慮病毒顆粒形態與 RNA 基因組的數目，其傳播媒介昆蟲種類也應列入分類的依據，並提出第三個屬 *Vinivirus*，此屬以 *Grapevine leafroll-associated virus* 3 (GLRaV-3) 爲模式種，藉由粉介殼蟲來傳播，本屬名稱取自於葡萄學名 *Vitis vinifera*，乃因葡萄爲 GLRaV-3 的自然寄主。2002

年經國際病毒分類命名委員會 (International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV) 討論後，認爲 *Vinivirus* 屬易與 *Flexiviridae* 科中的 *Vitivirus* 屬混淆，因此，將 *Vinivirus* 正式改稱爲 *Ampelovirus* 屬 (*ampelos*，爲希臘語葡萄之意) (Martelli *et al.*, 2002)。

Crinivirus 屬的兩條 RNA 基因組分別命名爲 RNA1 (約 8 kb) 及 RNA2 (約 7 kb)，其 5' 端有甲基化 cap，3' 端則不具 poly (A) tail。RNA1 轉譯出的蛋白與複製有關，RNA2 轉譯出的蛋白則與病毒顆粒結構、病毒在宿主內移動及媒介昆蟲傳播有關 (Klaassen *et al.*, 1995; Tian *et al.*, 1999; Ng & Falk, 2006)。RNA1 具有兩個轉譯架構 (open reading frames, ORFs)，可對應產生三個蛋白。ORF1a 對應產生一 polyprotein (217 kDa)，含有 papain-like protease (P-Pro)、methyltransferase (MT) 與 helicase (HEL)；ORF1b 爲 RNA-dependent RNA polymerase (RdRp) (55 kDa) (Karasev, 2000; Ng *et al.*, 2004)；以及一個大約 32 kDa 功能不詳的蛋白。RNA2 包含 *Closteroviridae* 科的五個高保留性 " hallmark gene array"，對應產生一個約 6 kDa 的疏水性蛋白 (P6)、熱休克同源性蛋白 (Hsp70h)、約 60 kDa 蛋白 (P60)、外鞘蛋白 (CP) 及次要外鞘蛋白 (CPm) (Karasev, 2000)。以 *Closterovirus* 屬之 BYV 爲例，P6、P64、Hsp70h 及兩個結構性蛋白 (CP 和 CPm) 與細胞間 (cell-to-cell) 移動有關 (Alzhanova *et al.*, 2000)。P6 爲細胞間移動蛋白與病毒複製和組裝無關 (Alzhanova *et al.*, 2000; Alzhanova *et al.*, 2001)。CP 包裹病毒 RNA 基因體組裝絲狀病毒顆粒，CPm 與病毒顆粒端點結合形成 “rattlesnake tail”，此爲 *Closteroviridae* 科共同的特徵 (Tian *et al.*, 1999; Satyanarayana *et al.*, 2004)。Hsp70h 和 P60 有助於病毒顆粒 tail 形成，並包裹於病毒 RNA 的 5' 端 (Tian *et al.*, 1999; Peremyslov *et al.*, 2004; Satyanarayana *et al.*, 2004; Dolja *et al.*, 2006; Ng & Falk, 2006; Alzhanova *et al.*, 2007)。

Criniviruses 之種類、寄主植物與其媒介昆蟲種類

Crinivirus 屬病毒已記錄種類有 14 種 (表1) (Wisler *et al.*, 1998a; Wisler & Duffus, 2001; Martelli *et al.*, 2002; Segundo *et al.*, 2004; Gyoutoku *et al.*, 2009)，其中 *Tomato infectious chlorosis virus* (TICV)、*Tomato chlorosis virus* (ToCV) 及 *Cucurbit chlorotic yellows virus* (CCYV) 等三種在國內已有記錄 (Tsai *et al.*, 2004; Huang *et al.*, 2010)。目前已記錄可傳播 criniviruses 的粉蝨種類有 *B. tabaci*、*T. vaporariorum*、*T. abutilonea* 三種 (表1)；其中 *B. tabaci* 爲大部分 criniviruses 的蟲媒，包括 3 個生理小種，分別爲 biotype A (又稱 sweet potato whitefly)、biotype B (silverleaf whitefly) 及 biotype Q (Wisler & Duffus, 2001; Gyoutoku *et al.*, 2009; Okuda *et al.*, 2010; Martín *et al.*, 2011)，不同生理小種也扮演不同 criniviruses 種類的蟲媒。以下簡單介紹幾個重要 criniviruses 之寄主範圍及其媒介昆蟲種類。

1. *Beet pseudo-yellows virus* (BPYV)：是首度被報導由粉蝨傳播的 *Closteroviridae* 科，該病毒是由溫室粉蝨 (*T. vaporariorum*) 所傳播 (Duffus, 1965)。寄主範圍相當廣泛，舉凡一般作物、花卉、雜草等均被列入寄主植物，如萵苣、甜菜、洋薊、煙草、胡瓜等 (Wisler *et al.*, 1998a)。

2. *Cucurbit yellow stunting disorder virus* (CYSDV)：於 1982 年首次在阿拉伯聯合國發現，其病徵與 BPYV 極爲相似，於 1996 年才被正式命名，是由煙草粉蝨 biotype A 與 biotype B 所傳播。寄主植物主要爲葫蘆科 (Célix *et al.*, 1996; Tian *et al.*, 1996; Wisler *et al.*, 1998a)， 2009 年報導 CYSDV 也可以感染其他的植物種類，如莧科 (Amaranthaceae) 的紅根豬草 (*Amaranthus retroflexus*)、*Bassia hyssopifolia*；十字花科 (Brassicaceae) 的 *Sisymbrium irio*；藜科 (Chenopodiaceae) 的 *Chenopodium album*；菊科 (Compositae) 的萵苣 (*Lactuca sativa*)、苦苣菜 (*Sonchus sp.*)；蝶形花科 (Fabaceae) 的苜蓿 (*Medicago sativa*)、四季豆 (*Phaseolus vulgaris*)；錦葵科 (Malvaceae) 的圓葉錦葵 (*Malva neglecta*)、*Sida hederacea*；茄科 (Solanaceae) 的燈籠草 (*Physalis wrightii*)、銀葉茄 (*Solanum elaeagenifolium*) 等 (Wintermantel *et al.*, 2009)。
3. *Lettuce infectious yellows virus* (LIYV)：於 1981 年在美國加州及亞利桑那州被發現，也是第一個最早在萵苣上發現的 criniviruses，此病毒在 1980 年代及 1990 年代初期造成甜菜及葫蘆科作物嚴重的經濟損失。LIYV 的寄主植物種類多，已記錄種類有 15 科 45 種植物。1980 年代中期前，煙草粉蝨主要爲 biotype A，1980 年代末期銀葉粉蝨 (*B. argentifolii*) (爲煙草粉蝨 biotype B) 竄起，1990 年代中期銀葉粉蝨族群密度迅速上升，約爲 1980 年代的 1,600 倍，田間煙草粉蝨 biotype A 族群則被 biotype B 所取代，使得 LIYV 的發生率明顯降低，發生率低於 0.1%。LIYV 雖仍存在於田間，但對經濟作物並未再造成威脅 (Wisler *et al.*, 1998a; Wisler & Duffus, 2001)。
4. *Lettuce chlorosis virus* (LCV)：LIYV 發生率式微後，LCV 則取而代之。寄主植物爲萵苣及甜菜二種，LCV 並不會感染葫蘆科植物。其傳播蟲媒爲煙草粉蝨 biotype A 與 biotype B 二種 (Duffus *et al.*, 1996)。目前 LCV 在美國對萵苣及甜菜產業並不會造成顯著的經濟損失。
5. *Tomato infectious chlorosis virus* (TICV)：是第二個被確認具 bipartite genomes 的 criniviruses，也是首度被報導 criniviruses 可感染番茄 (Wisler *et al.*, 1996b)。寄主植物尚有 bristly oxtongue (*Picris echioides*)、煙草 (*Nicotiana glauca*)、野洋薊 (*Cynara cardunculus*)及一些花卉如翠菊 (China aster)、牽牛花 (petunia)、毛茛屬植物等 (ranunculus) (Wisler *et al.*, 1996b; Wisler *et al.*, 1998a)。傳播蟲媒僅有溫室粉蝨一種 (Wisler *et al.*, 1996b)。
6. *Tomato chlorosis virus* (ToCV)：爲繼 TICV 之後，被發現可爲害番茄的 criniviruses。其寄主範圍與 TICV 相似，共計 7 科 24 種植物，包括農作物、花卉、雜草等 (Wisler *et al.*, 1998a; Wisler & Duffus, 2001)。目前 *Crinivirus* 屬中僅 ToCV 可被 4 種粉蝨傳播，分別爲 *T. vaporariorum*、*T. abutilonea*、*B. tabaci* biotype A 與 biotype B (Wisler *et al.*, 1996a; Wisler *et al.*, 1998b)。
7. *Sweet potato chlorotic stunt virus* (SPCSV)：最早發生在奈及利亞，經常與 *sweet potato feathery mottle virus* (SPFMV) 複合感染甘薯，其寄主植物目前僅記錄甘薯 (*Ipomoea batatas*) 一種 (Schaefers & Terry, 1976)；蟲媒爲 *B. tabaci* (Cohen *et al.*, 1992)。

8. *Bean yellow disorder virus* (BnYDV)：於 2003 年在西班牙的四季豆 (*Phaseolus vulgaris*) 上首次被發現，此也爲第一次發現 *Crinivirus* 屬可感染豆科 (Leguminosae) 的報導 (Segundo *et al.*, 2004)。經室內接種試驗顯示，BnYDV 並不會感染茄科及葫蘆科植物。*B. tabaci* biotype Q 爲其蟲媒 (Martín *et al.*, 2011)。
9. *Abutilon yellows virus* (AbYV)：經由 *T. abutilonea* 傳至苘麻 (*Abutilon theophrasti*) 雜草上，但 AbYV 尚未發現可感染經濟作物 (Wisler & Duffus, 2001)。
10. *Cucurbit chlorotic yellows virus* (CCYV)：2004 年於日本九州熊本縣溫室栽培的香瓜上發現葉脈呈綠色、葉片黃化的病徵，與 CYSDV 的病徵類似，經核酸序列解序比對後，爲一新興的 *Crinivirus* 屬病毒。陸續又在佐賀縣、宮崎縣、長崎縣等地區發現 (Gyoutoku *et al.*, 2009)。台灣及大陸也於 2009 年發現本病毒 (Huang *et al.*, 2010; Gu *et al.*, 2011; Zeng *et al.*, 2011)。依據 Okazaki *et al.* (2008) 田間調查及室內接種試驗結果顯示，田間自然感染的植物有哈密瓜、小黄瓜、西瓜；以粉蝨接種成功的植物有 9 科 33 種，如葫蘆科 (哈密瓜、小黄瓜、南瓜、苦瓜、蒲瓜、胡瓜、冬瓜、西瓜等)；茄科 (*Datura* 屬及 *Nicotiana* 屬)；藜科 (波菜、*Chenopodium amaranticolor*、*C. quinoa*)；蝶形花科 (豌豆)；旋花科 (牽牛花)；唇形科 (寶蓋草 *Lamium amplexicaule*)；石竹科 (球序卷耳草 *Cerastium glomeratum*) 等。國內寄主植物種類調查目前僅發現葫蘆科作物可被感染 (Huang *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2010)。傳播本病毒之粉蝨種類爲 *B. tabaci* biotype B 及 biotype Q (Gyoutoku *et al.*, 2009; Tseng *et al.*, 2009)。

粉蝨傳播 criniviruses 之特性

粉蝨成蟲與若蟲屬韌皮部取食者，將口針沿著細胞間隙進入細胞內而到達韌皮部，取食時藉改變頭部的位置來使力，以協助口針於穿過細胞而到達韌皮部吸食植物的汁液 (Brown & Czosnek, 2002)。以 *B. tabaci* biotype B 爲例，粉蝨取食過程僅有 64% 的機會會到達韌皮部，約 50% 在葉組織細胞間或表皮上穿刺 (Cohen *et al.*, 1998)，因此，葉部上絨毛的多寡、腺體存在與否、維管束的密度及葉齡等特徵都是影響粉蝨選擇偏好的寄主植物種類的因子 (Janssen *et al.*, 1989; Lei *et al.*, 1998; Chu *et al.*, 2000)。通常粉蝨取食時先在寄主植物上漫步並以口針刺探維管束的位置，若是較爲偏好的寄主植物，取食韌皮部的時間則較長 (Lei *et al.*, 1999)，例如煙草粉蝨需要 15-30 分鐘才能到達韌皮部取食，因此，取食時間的長短也將影響傳播植物病毒的能力 (Jiang *et al.*, 2000)。依據研究觀察顯示，粉蝨雌蟲傳毒能力高於雄蟲 (Cohen & Nitzany, 1966; Brown & Czosnek, 2002)。

粉蝨以半持續性方式傳播 criniviruses，其獲毒及傳毒的時間應只有數秒至數分鐘，其獲毒時間的長短與獲得病毒的機率呈正相關，由於 criniviruses 不會在粉蝨體內複製繁殖，故病毒並不會在體內累積，一般而言，保毒時間約數日至數週，(Wisler *et al.*, 1998a; Wisler & Duffus, 2001; Brown & Czosnek, 2002)。粉蝨蟲媒與 criniviruses 的作用機制目前尚不是很清楚，僅得知病毒顆粒中之 minor capsid protein (CPm) 是決定病毒能否被傳播的決定因子 (Tian *et al.*, 1999)，其在蟲媒體

內的位置也尚未清楚，推測前腸將是病毒顆粒主要貼附的位置。

不同粉蝨蟲媒傳播不同種類 criniviruses 的效能不同，即使同一種病毒由不同種類的粉蝨傳播效能也略有差異。

1. *Beet pseudo-yellows virus* (BPYV)：*T. vaporariorum* 對 BPYV 獲毒 1 h 後，給予 6 h 接種傳毒的時間，其傳播效率約 70%，可連續傳毒 6 天。單隻粉蝨的傳毒率爲 10%， 40 隻帶毒粉蝨接種於一株寄主植物上則有 83% 的傳播率 (Duffus, 1965)。BPYV 在溫室粉蝨體內的保毒時間約 7 天，其半衰期爲 64 h (Wisler *et al.*, 1998a)。
2. *Cucurbit yellow stunting disorder virus* (CYSDV)：*B. tabaci* biotype B 單隻粉蝨對 CYSDV 的傳播率僅 3%，若提高至 60 隻粉蝨，其傳毒率可達 85%。給予較長的獲毒時間，可以提高傳播率，如給予 18 h 以上的獲毒時間，24 h 的接種時間或更長，其傳播率則高於 80%。研究顯示 biotype B 的傳播能力高於 biotype A。病毒留存在 biotype B 體內至少 9 天。粉蝨傳播 CYSDV 的效能雖稍低於傳播其他的病毒種類，但 CYSDV 在粉蝨體內保毒期間長，且半衰期可長達 72.2 h，均高於其他病毒種類 (Wisler *et al.*, 1998a; Wisler & Duffus, 2001)。
3. *Lettuce infectious yellow virus* (LIYV)：由 *B. tabaci* biotype A 來傳播。LIYV 僅能留在 biotype A 體內約 3 天，其半衰期爲 23.5 h。單隻帶毒粉蝨之傳播率爲 22%，40 隻帶毒粉蝨之傳播率可達 100%。Biotype A 取食罹病株 10 min 後，便可傳毒，獲毒時間愈久，傳毒能力則愈強，如獲毒時間從 1 h 至 48 h，其傳播率則由 68% 提高至 87% (Duffus *et al.*, 1986; Wisler *et al.*, 1998a)。
4. *Lettuce chlorosis virus* (LCV)：*B. tabaci* biotype A 傳播 LCV 的效率較 biotype B 稍高，單隻 biotype A 的傳毒率爲 2.9%，40 隻則爲 74.3%，而 30 隻 biotype B 之傳毒率則爲 0-57.5% (Duffus *et al.*, 1996)。粉蝨獲毒閥值 (acquisition threshold) 爲 1 h，獲毒時間愈久，傳播成功率更高，當獲毒時間爲 3-48 h 時，其傳播成功率則爲 4-96%。其保毒時間爲 4 天，半衰期則爲 46.4 h (Wisler & Duffus, 2001)。
5. *Tomato infectious chlorosis virus* (TICV)：*T. vaporariorum* 獲毒 1 h 以上才能順利傳播 TICV，隨著獲毒時間的增加，傳播能力也隨之增加。單隻帶毒粉蝨傳播率僅有 8%，以 40 隻帶毒粉蝨共同傳播時其傳播率爲 83% (Duffus *et al.*, 1994)。帶毒粉蝨之保毒時間爲 3-4 天，半衰期則爲 23.5 h (Wisler *et al.*, 1998a)。
6. *Tomato chlorosis virus* (ToCV)：*T. vaporariorum*、*T. abutilonea*、*B. tabaci* biotype A 與 biotype B 等 4 種粉蝨均爲 ToCV 的媒介昆蟲 (Wisler *et al.*, 1996a; Wisler *et al.*, 1998b)，4 種粉蝨傳播能力有很大的差異，以 *B. tabaci* biotype B 的傳毒能力最高，單隻帶毒 biotype B 傳播率爲 12.5%，40 隻的傳播率提高至 98%，而 *T. abutilonea* 單隻的傳播率爲 7.5%，40 隻則有 100% 的傳播率，顯示此二種粉蝨對 ToCV 的傳播能力相當。單隻及 40 隻帶毒 *B. tabaci* biotype A 的傳播率爲 0-68%，稍低於前二種粉蝨；*T. vaporariorum* 的傳播效

率最低，僅 0-28% (Wisler & Duffus, 2001) 。

7. *Sweet potato chlorotic stunt virus* (SPCSV)：*B. tabaci* 傳播 SPCSV 的效率隨著帶毒蟲數的增加而增加，每株甘薯接種 10-50 隻帶毒粉蝨時，其傳播率爲 12.5-93.8%，獲毒 1 h 者其傳毒率爲 20.8%，當獲毒時間提高至 24 h，其傳播率也提高至 87.5%，相對地，接種時間愈長，傳播效率也隨之增加，接種 1 h 及 24 h 者，其傳毒率分爲 15.6% 及 84.3% (Cohen *et al.*, 1992)。
8. *Bean yellow disorder virus* (BnYDV)：*B. tabaci* biotype Q 取食罹病植株 3 h 及 7 h 後，有 50% 及 100% 的粉蝨成蟲可獲取病毒，而接種 12 h 及 24 h 者，其傳毒成功率分別達 66 及 100%。單隻帶毒粉蝨之傳播率爲 37%，保毒時間最長可達 2 週，半衰期長達 9 天 (Martín *et al.*, 2011)。爲目前 criniviruses 種類中在粉蝨體內保毒時間及半衰期最長的種類。

國內 criniviruses 之危害及發生情形

1998 年於台灣南部的番茄及百日草上發現其葉片呈黃化、褪綠，甚至脆化的病徵，且葉片上粉蝨密度極高，疑似感染 criniviruses 的病徵。將病葉以電子顯微鏡觀察，其病毒顆粒呈長絲狀，長度約 800-850 nm，另以 TICV 和 ToCV 探針進行雜合反應檢測，檢測結果顯示，番茄確實感染 ToCV，百日草則受到 ToCV 和 TICV 感染。此爲台灣首度發現 *Crinivirus* 屬的案例，也是 ToCV 和 TICV 兩種病毒於臺灣首次的記錄 (Tsai *et al.*, 2004)。

2009 年 5 月中旬於台灣雲林崙背地區發現洋香瓜全園發生黃化現象，其植株基部葉片褪綠、黃化、甚至白化易脆，但葉脈仍呈綠色，新葉則出現黃色斑點等病徵 (圖 1)，6-7 月陸續又在雲林和彰化地區的洋香瓜、胡瓜、西瓜、蒲瓜和南瓜園內發現類似病徵，且田間銀葉粉蝨密度極高。罹病組織於電子顯微鏡下觀察發現長絲狀病毒顆粒 (700-900 nm) (Tseng *et al.*, 2009)，經文獻查詢，疑似遭受 CYSDV 的危害，遂以針對 *Closterovirus* 及 *Crinivirus* 所設計之簡併性引子對進行巢式反轉錄-聚合酶鏈鎖反應 (nested reverse transcription-polymerase chain reaction, nested RT-PCR) (Dovas & Katis, 2003)，所增幅的片段爲 Hsp70h 的部分片段，經定序及比對分析得知與日本所發現的新興病毒 *Cucurbit chlorotic yellows virus* (CCYV) 有 100 % 的相似度，此爲台灣首度發現 CCYV 的記錄 (Huang, 2010)。

目前台灣受 CCYV 感染的地區包含苗栗、彰化、雲林、台中、南投、嘉義、台南、高雄、屏東和台東，幾乎遍及全台灣，其危害葫蘆科作物包括洋香瓜、西瓜、香瓜、越瓜、冬瓜、瓠瓜、胡瓜、小黃瓜、絲瓜和南瓜等 (Li *et al.*, 2010)。經田間觀察，洋香瓜、甜瓜及胡瓜爲 CCYV 較偏好的寄主植物。種植後約 3 週 - 1 個月期間，病徵才會明顯出現，結果期罹病者，將影響果實的風味，也影響後續的結果率，且罹病植株樹勢衰弱，易引起其他病原菌的侵入，導致植株萎凋，產量降低，造成嚴重的經濟損失。

粉蝨的防治

銀葉粉蝨最適生長的溫度爲 25-28℃，從卵發育至成蟲約需 25 日，一隻雌蟲一生平均可產卵 113.3 粒 (Lin *et al.*, 1997)。粉蝨的生長速率快，繁殖率也高，加上成蟲的移動性強，稍不注意防治，族群密度便可快速上升，極易造成嚴重的危害。另外，粉蝨也是重要植物病毒的傳播媒介，田間一旦有其媒介的植物病毒發生，對該農作物之影響更是雪上加霜，嚴重者，將導致全園毀損，農民幾無收成可言。因此，對粉蝨的防治工作，更不可掉以輕心。

害蟲管理就技術上來看，是以生態學原理爲基礎，也就是在採用各種防治技術管理目標害蟲時，必須考慮自然制衡的因子，目標是在降低害蟲族群的豐量，使族群變動在經濟爲害水平 (economic injury level, 簡稱 EIL) 之下，並以維持農業生態系的穩定，永續經營農業生產爲終極目標。然而，重要害蟲種類中又兼具植物病毒蟲媒者，其防治策略應有所調整，除降低蟲媒密度，減緩傳播速率外，降低田間病毒發生率，減少蟲媒獲毒的機會，也是極爲重要的管理觀念。

粉蝨的寄主範圍相當廣，繁殖速率快，爲能有效抑制其族群密度，殺蟲劑的施用是最直接且快速的防治手段，然而，粉蝨喜棲息在葉背，2-4 齡若蟲雖行固著生活，但貼附於葉絨毛下，使得蟲體接觸到藥劑的機會降低，導致藥效不彰，農友因而增加施藥的頻度，也提高抗藥性的危機。因此，對蟲媒粉蝨的管理措施，以快速壓制蟲口密度的手段是優先的措施，殺蟲劑是最快速也是最主要的防治方法，同時也需配合其他管理的方法，以整合性的方式來控制蟲媒密度及田間感染病源，期能有效地抑制植物病毒病害的蔓延，使農民的經濟損失降至最低。故蟲媒粉蝨的防治措施應該監測與預防並進。建議防範措施如下：

1. 育苗場粉蝨的控制：建議在設施內育苗，並設置黃色黏紙，除監測密度外，也可誘捕成蟲，降低產卵的機率，必要時，施以殺蟲劑防治。種苗出場前可先施用系統性殺蟲劑如益達胺，以降低種植至本田時，立即遭受粉蝨成蟲取食爲害及傳播病毒的機會。
2. 監測：可利用懸掛黃色黏紙及計數葉片上的蟲數二種方法來取得粉蝨密度。對農友而言，使用黃色黏紙較方便也明顯。建議每塊瓜園可設置 4-6 張，懸掛位置不可高於植株上方 30 cm，也籲請農友每週自行記錄粉蝨數量，除掌握粉蝨發生密度，也可以作爲採取防治措施的指標。監測工作建議採取區域性聯合監測，必要時採取共同防治，以防杜粉蝨隨氣流移動，而到處傳播植物病毒。爲能瞭解粉蝨進入本田的時機，建議種苗移入本田前 1-2 週，開始懸掛黃色黏紙，以捕殺移入的成蟲，種植前若黏紙上蟲數大於 100 隻時，建議可使用較低稀釋倍數的殺蟲劑或礦物油，噴施於畦面，以減少種苗移入本田時，粉蝨立即移至種苗上爲害。
3. 本田內粉蝨防治：
   (1) 化學防治：以洋香瓜類爲例，苗期至開花期間若可以減少植物病毒的罹病率，至生長中後期，即使罹病，也不至於血本無歸。由於粉蝨成蟲隨氣流到處漂流駐足，因此，保護苗期的生長是第一要務。建議種植後一週內需以殺蟲劑防治一次，隨後再依害蟲密度適時施藥防治。種植一個月內若粉

蝨密度控制得宜，將可以減少南瓜捲葉病毒 (*Squash leaf cure virus*, SqLCV) 的罹病率，此時期，正是 CCYV 開始顯現病徵的時期，建議應繼續加強粉蝨的防治，以減緩病毒的蔓延，否則，若只顧前期，忽略中後期的防治，可能導致 CCYV 的肆虐，造成嚴重的經濟損失。洋香瓜上已登記之殺蟲劑種類見表 2，詳細防治用藥種類及使用方法可參考植保手冊或至藥試所網站 www.tactri.gov.tw 之植物保護網頁查詢，藥劑之選用應審慎並輪替使用，以減緩害蟲抗藥性的產生。化學防治也建議可採取區域性防治，以減少粉蝨成蟲在不同瓜園間移動，而進行獲毒及傳毒。

(2) 物理防治：依據 Pai *et al.* (1999) 研究指出黃色黏紙誘得粉蝨成蟲數，顯著高於藍、綠二種顏色，顯示黃色黏紙對粉蝨成蟲具有較強的誘捕能力，可提供監測與防治之用。以胡瓜園爲例，黃色黏紙對銀葉粉蝨成蟲的有效誘引距離爲 20-30 cm，懸掛黃色黏紙之密度以每 1 m 懸掛一張的誘引效果最佳 (Pai *et al.*, 1999)。因此，以黃色黏紙作爲物理防治工具時，建議每 1-2 m 懸掛一片黃色黏紙，懸掛位置以畦面上方 30 cm 處最佳。在經濟考量下，園內設置大量的黃色黏紙，以誘捕粉蝨成蟲時，建議至少每 10-15 m 設置 1 張，使監測與防杜工作同時進行，其中 4-6 張可作爲監測點，每週更換一次。黃色黏紙之防治效果雖不及殺蟲劑，但多一分措施，就可減少一分的危機。

(3) 栽培防治：儘量避免栽培感病品種。栽植之品種，若氣候條件允許，建議可以提前或延後種植，以避開粉蝨發生的高峰期。簡易設施栽培可以降低粉蝨的爲害，但必需加強入口的阻絕，否則，一旦粉蝨將病毒傳入，若再疏於管理，其造成的損失，將極爲慘重。粉蝨的寄主植物廣泛，作物田附近之雜草經常是防治的死角，使得粉蝨可以在作物田及雜草間移動，因此，清除雜草也是防治粉蝨不可輕忽的重要工作。

(4) 生物防治：目前在台灣地區田間常見之寄生蜂有東方蚜小蜂 (*Eretmocerus orientalis* Silvestri)、淺黃恩蚜小蜂 (*Encarsia transvena* Timberlake) 及日本恩蚜小蜂 (*Encarsia japonica* Viggiani)，其中又以東方蚜小蜂最爲常見且最具防治潛力，然而，生物防治除田間保育工作外，大量釋放於田間，也是必要的工作，然而，大量飼養及釋放等問題，使得生物防治在粉蝨防治上一直無法落實應用。

結語與展望

銀葉粉蝨體型小、生殖潛能高、寄主植物超過 500 種，如十字花科蔬菜、豆科、茄科、莧科、錦葵科、葫蘆科作物、花卉及雜草等，於 1995 年入侵台灣後，迅速竄起，已成爲農作物及花卉上極爲重要的害蟲。銀葉粉蝨除直接取食爲害外，也是重要植物病毒的媒介，如 *Begomovirus* (*Geminiviridae*)、*Ipomovirus* (*Potyviridae*)、*Crinivirus* (*Closteroviridae*)。*Crinivirus* 屬爲近十多年來新興的植物病毒群，是由粉蝨以半持續性方式來傳播，也是僅次於 *Begomovirus*，最受關注由粉蝨傳播的病毒屬。

由於粉蝨田間密度高，成蟲移動性快，加上田間有罹病植株存在，一旦輕忽防

治，將會加速病毒的傳播速率，導致農作物生產量大幅減少。例如 CYSDV 於 2006 年首度在美國加州發現後，造成甜瓜及西瓜損失 5 億多美元。2004 年 CCYV 在日本熊本縣北部發現後，很快地擴散至九州各縣，發生面積至少 200 ha；而國內 2009 年發現，2010 年則重創洋香瓜及甜瓜產業。可見，粉蝨傳播的 criniviruses 會因爲粉蝨害蟲的地位，更加提升其對農作物的威脅性，未來國內可能會陸續出現 crinivriuses 的病毒種類。因此，加強田間監測工作，掌握病毒病害之疫情，適時清除罹病株，爲降低田間感染源的重要手段，而減少蟲媒的密度是減緩病毒蔓延的主要措施。依據文獻報導 *Crinivirus* 屬病毒只藉由粉蝨蟲媒傳播，尚無法以機械性或其他方式來傳播，故清除田間病源及減少粉蝨傳播的機率是防治 criniviruses 病毒病害主要的防治策略。防治粉蝨最快速且有效的方法是噴施殺蟲劑，但必須小心地輪替用藥，以減緩抗藥性的產生。由於傳播媒介爲粉蝨成蟲，建議以黃色黏紙作爲輔助工具誘捕成蟲，以降低田間帶毒粉蝨的數量，達到控制病毒病害發生的目的，使農友的經濟損失減至最低。

2004 年國內即有 criniviruses 病毒的報導，但因未釀成災害，故未受到重視，現在因爲 CCYV 的出現，使得 criniviruses 病毒受到關注。本文摘述國外已記錄 *Crinivirus* 屬病毒的種類，提供研究人員參考，期能早期發現感染不同作物的 criniviruses，儘早提出防範措施，使經濟損失降至最低，爲本文提出的最大目的。

引用文獻

Alzhanova, D. V., Y. Hagiwara, V. V. Peremyslov, and V. V. Dolja. 2000. Genetic analysis of the cell-to-cell movement of beet yellows closterovirus. Virol. 268: 192-200.

Alzhanova, D. V., A. I. Prokhnevsky, V. V. Peremyslov, and V. V. Dolja. 2007. Virion tails of Beet yellows virus: Coordinated assembly by three structural proteins. Virol. 359: 220-226.

Alzhanova, D. V. N., A. J., R. Creamer, and V. V. Dolja. 2001. Cell-to-cell movement and assembly of a plant closterovirus: roles for the capsid proteins and Hsp70 homolog. The Embo. J. 20: 6997-7007.

Bellows, T. S. J., T. M. Perring, R. J. Gill, and D. H. Headrick. 1994. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 87: 195-206.

Brown, J. K., and H. Czosnek. 2002. Whitefly transmission of plant viruses. p. 65-76. i*n*: Advances in Botanical Research. (R. T. Plumb eds.), Academic Press. Volume 36.

Célix, A., A. López-Sesé, N. Almarza, M. L. Gómez-Guillamón, and E. Rodríguez-Cerezo. 1996. Characterization of cucurbit yellow stunting disorder virus, a *Bemisia tabaci*-transmitted closterovirus. Phytopathology 86: 1370-1376.

Chu, C., T. Freeman, J. S. Buckner, T. J. Henneberry, G. Nelson, G. P. Walker, and E. T. Natwick. 2000. *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Alerodidae) colonization on upland cotton and relationships to leaf morphology and leaf age. Ann. Entomol. Soc. Am. 93: 912-919.

Cohen, A. C., C. Chu, T. J. Henneberry, T. Freeman, G. Nelson, J. Buckner, D. Margosan, P. Vail, and L. H. Aung. 1998. Feeding biology of the silverleaf whitefly

(Homoptera: Aleyrodidae). Chinese J. Entomol. 18: 65-81.

Cohen, A. C., and F. E. Nitzany. 1966. Transmission and host range of the tomato yellow leaf curl virus. Phytopathology 56: 1127-1131.

Cohen, J., A. Franck, H. J. Vetten, D. E. Lesemann, and G. Loebenstein. 1992. Purification and properties of closterovirus-like particles associated with a whitefly-transmitted disease of sweet potato. Ann. Appl. Biol. 121: 257-268.

De Barro, P. J., S. S. Liu, L. M. Boykin, and A. B. Dinsdale. 2011. *Bemisia tabaci*: A statement of species status. Annu. Rev. Entomol. 56: 1-19.

Dolja, V. V., J. F. Kreuze, and J. P. T. Valkonen. 2006. Comparative and functional genomics of closteroviruses. Virus Res. 117: 38-51.

Dovas, C. I., and N. I. Katis. 2003. A spot multiplex nested RT-PCR for the simultaneous and generic detection of viruses involved in the aetiology of grapevine leafroll and rugose wood of grapevine. J. Virol. Methods 109: 217-226.

Duffus, J. E. 1965. Beet pseudo-yellows virus, transmitted by the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). Phytopathology 55: 450-453.

Duffus, J. E., R. C. Larsen, and H. Y. Liu. 1986. Lettuce infectious yellows virus-A new type of whitefly-transmitted virus. Phytopathology 76: 97-100.

Duffus, J. E., H. Y. Liu, and G. C. Wisler. 1994. Tomato infectious chlorosis virus-A new clostero-like virus transmitted by *Trialeurodes vaporariorum*. Eur. J. Plant Pathol. 102: 219-226.

Duffus, J. E., H. Y. Liu, G. C. Wisler, and R. H. Li. 1996. Lettuce chlorosis virus-A new whitefly-transmitted closterovirus. Eur. J. Plant Pathol. 102: 591-596.

Gu, Q. S., Y. H. Liu, Y. H. Wang, W. G. Huangfu, H. F. Gu, L. Xu, F. M. Song, and J. K. Brown. 2011. First Report of Cucurbit chlorotic yellows virus in Cucumber, Melon, and Watermelon in China. Plant Dis. 95: 73.

Gyoutoku, Y., S. Okazaki, A. Furuta, T. Etoh, M. Mizobe, K. Kuno, S. Hayashida, and M. Oiuda. 2009. Chlorotic yellows disease of melon caused by *Cucurbit chlorotic yellows virus*, a new crinivirus. Jpn. J. Phytopathol. 75: 109-111 (Abstract in English).

Huang, L. H., H. H. Tseng, J. T. Li, and T. C. Chen. 2010. First Report of Cucurbit chlorotic yellows virus Infecting Cucurbits in Taiwan. Plant Dis. 94: 1168.

Janssen, J. A. M., W. F. Tjallingii, and J. C. Van Lenteren. 1989. Electrical recording and ultrastructure of stylet penetration by the greenhouse whitefly. Entomol. Exp. Appl. 52: 69-81.

Jiang, Y. X., L. De Blas, and A. Fereres. 2000. Correlation between whitefly (Homoptera: Alerodidae) feeding behavior and transmission of Tomato yellow leaf curl virus. Entomol. Exp. Appl. 93: 573-579.

Jones, D. R. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. Eur. J. Plant Pathol. 109: 195-219.

Karasev, A. V. 2000. Genetic diversity and evolution of closteroviruses. Annu. Rev. Phytopathol. 38: 293-324.

Klaassen, V. A., M. L. Boeshore, E. V. Koonin, T. Tian, and B. W. Falk. 1995. Genome structure and phylogenetic snalysis of *Lettuce Infectious Yellows Virus*, a Whitefly-Transmitted, Bipartite Closterovirus. Virology 208: 99-110.

Ko, C. C., C. N. Chen, and C. H. Wang. 2002. A review of taxonomic studies on the *Bemisia tabaci* species comples. Formosan Entomol. 22: 307-341 (in Chinese with English Abstract).

Lei, H., W. F. Tjallingii, and J. C. van Lenteren. 1998. Probing and feeding characteristics of the greenhouse whitefly in association with host-plant acceptance and whitefly strains. Entomol. Exp. Appl. 88: 73-80.

Lei, H., W. F. Tjallingii, and J. C. Van Lenteren. 1999. Analysis of resistance in tomato and sweet pepper against the greenhouse whitefly using electrically monitored and visually observed probing and feeding behavior. Entomol. Exp. Appl. 92: 299-309.

Li, J. T., L. F. Chen, M. C. Lin, T. C. Chen, and L. H. Huang. 2010. Survey of occurrence of Cucurbit chlorotic yellows virus and whiteflies in various cucurbit fields in Taiwan. Plant Prot. Bull. (Taiwan) 52: 142. (Abstract in Chinese).

Lin, F. C., T. H. Su, and C. L. Wang. 1997. Effect of temperature on the development and reproduction of silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii* Bellowa & Perring) and its population fluctuation on Poinsettia. Chinese J. Entomol. 17: 66-79 (in Chinese with English Abstract).

Martín, G., I. M. Cuadrado, and D. Janssen. 2011. Bean yellow disorder virus: Parameters of transmission by *Bemisia tabaci* and host plant range. Insect Sci. 18: 50-56.

Martelli, G. P., A. A. Agranovsky, M. Bar-Joseph, D. Boscia, T. Candresse, R. H. A. Coutts, V. V. Dolja, B. W. Falk, D. Gonsalves, W. Jelkmann, A. V. Karasev, A. Minafra, S. Namba, H. J. Vetten, G. C. Wisler, and N. Yoshikawa. 2002. The family *Closteroviridae* revised. Arch. Virol. 147: 2039-2044.

Martin, J. H., and L. A. Mound. 2007. An annotated check list of the world's whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). Zootaxa 1492: 1-84.

Ng, J. C. K., and B. W. Falk. 2006. *Bemisia tabaci* transmission of specific *Lettuce infectious yellows virus* genotypes derived from in vitro synthesized transcript-inoculated protoplasts. Virol. 352: 209-215.

Ng, J. C. K., T. Tian, and B. W. Falk. 2004. Quantitative prarmeters determining whitefly (*Bemisia tabaci*) transmission of Lettuce infectious yellows virus and an engineered defective RNA. J. Gen. Virol. 85: 2697-2707.

Okazaki, S., S. Yamasaki, A. Furuta, K. Kuno, Y. Gyoutoku, and M. Okuda. 2008. The host range of cucurbit chlorotic yellows virus. Jpn. J. Phytopathol. 74: 218 (Abstract in Japanese).

Okuda, M., S. Okazaki, S. Yamasaki, S. Okuda, and M. Sugiyama. 2010. Host range and complete genome sequence of *Cucurbit chlorotic yellows virus*, a new member of the genus *Crinivirus*. Phytopathology 100: 560-566.

Pai, K. F., C. C. Chen, and Y. S. Wang. 1999. Attractiveness of yellow sticky traps for the silverleaf whitefly *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on Cucumber. Bulletin of Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Taiwan 62: 23-30. (In Chinese, Abstract in English).

Peremyslov, V. V., I. A. Andreev, A. I. Prokhnevsky, G. H. Duncan, M. E. Taliansky, and V. V. Dolja. 2004. Complex molecular architecture of beet yellows virus particles. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 101: 5030-5035.

Pringle, C. R. 1996. Virus Taxonomy 1996 - A Bulletin from the 10th International Congress of Virology In Jerusalem. Arch. Virol. 141: 2251-2256.

Satyanarayana, T., S. Gowda, M. A. Ayllón, and W. O. Dawson. 2004. Closterovirus bipolar virion: Evidence for initiation of assembly by minor coat protein and its restriction to the genomic RNA 5' region. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 101: 799-804.

Schaefers, G. A., and E. R. Terry. 1976. Insect transmission of sweet potato disease aagents in Nigeria. Phytopathology 66: 642-645.

Segundo, E., G. Martin, I. M. Cuadrado, and D. Janssen. 2004. A new yellowing disease in *Phaseolus vulgaris* associated with a whitefly-transmitted virus. Plant Pathol. 53: 517.

Tian, T., L. Rubio, H. H. Yeh, B. Crawford, and B. W. Falk. 1999. Lettuce infectious yellows virus: in vitro aqcuisition analysis using partially purified virions and the whitefly *Bemisia tabaci*. J. Gen. Virol. 80: 1111-1117.

Tian, T., J. Soong, G. C. Wisler, J. E. Duffus, and B. W. Falk. 1996. Generation and cloning of specific cDNAs corresponding to four whitefly-transmitted viruses using RT-PCR and degenerate oligonucleotide primers corresponding to the closterovirus gene encoding the heat shock protein 70 homolog. Phytopathology 86: 1167-1173.

Tsai, W. S., S. L. Shih, S. K. Green, P. Hanson, and H. Y. Liu. 2004. First report of the occurrence of *Tomato chlorosis virus* and *Tomato infectious chlorosis virus* in Taiwan. Plant Dis. 88: 311-311.

Tseng, H. H., T. C. Chen, and L. H. Huang. 2009. Diagnosis and identification of a new emerging crinivirus on cucurbits. Plant Prot. Bull. (Taiwan) 51: 132. (Abstract in Chinese).

Wintermantel, W. M., L. L. Hladky, A. A. Cortez, and E. T. Natwick. 2009. A new expanded host range of *Cucurbit yellow stunting disorder virus* includes three agricultural crops. Plant Dis. 93: 685-690.

Wisler, G. C., and J. E. Duffus. 2001. Transmission properties of whitefly-borne Criniviruses and their impact on virus epidemiology. p.293-308. *in*: Virus-Insect-Plant Interactions. (F. H. Kerry, P. S. Oney and E. D. James eds.) San Diego, Academic Press.

Wisler, G. C., J. E. Duffus, H. Y. Liu, R. H. Li, G. W. Simone, and R. C. Hochmuth. 1996a. A new, whitefly-transmitted virus infecting tomato from Florida. Phytopathology: S71-S72. (Abstract).

Wisler, G. C., J. E. Duffus, H. Y. Liu, and R. H. Li. 1998a. Ecology and epidemiology of whitefly-transmitted closteroviruses. Plant Dis. 82: 270-280.

Wisler, G. C., R. H. Li, H. Y. Liu, D. S. Lowry, and J. E. Duffus. 1998b. Tomato chlorosis virus: A new whitefly-transmitted, phloem-limited, bipartite closterovirus of tomato. Phytopathology 88: 402-409.

Wisler, G. C., H. Y. Liu, V. A. Klaassen, J. E. Duffus, and B. W. Falk. 1996b. Tomato infectious chlorosis virus has a bipartite genome and induces phloem-limited inclusions characteristic of the closteroviruses. Phytopathology 86: 622-626.

Zeng, R. D., F. M., W. J. Chen, and J. P. Lu. 2011. First Report of Cucurbit chlorotic yellows virus Infecting Melon in China. Plant Dis. 95: 354.

Biology of whitefly-transmitted criniviruses and tactics of whitefly control

Ju-Ting Li[1], Li-Hsin Huang[1,2]

[1] Taiwan Agricultural Chemicals And Toxic Substance Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan, Wu-feng , Taichung 413, Taiwan, ROC.
[2] Corresponding author, e-mail: lhhuang@tactri.gov.tw

Abstract

Crinivirus is one genus of the family *Closteroviridae* that causes important virus diseases in vegetable crops, such as lettuce, cucurbit and tomato. Criniviruses are transmitted by whiteflies in a semipersistent manner; the viruses can retain in whiteflies for a few days or a couple of weeks after acquisition depending on the length of the acquisition feeding period. Fourteen species in the genus *Crinivirus* were identified so far, *Tomato infectious chlorosis virus* (TICV), *Tomato chlorosis virus* (ToCV) and *Cucurbit chlorotic yellows virus* (CCYV), were the three that reportedly occurred in Taiwan. *Bemisia tabaci* biotypes A, B and Q, *Trialeurodes vaporariorum* and *T. abutilonea* were reported to transmit criniviruses, among them *B. tabaci* biotype B that transmitted CCYV caused significant yield losses in cantaloupe, melon and cucumber in Taiwan in 2010. The important control measures for limiting the spread of criniviruses are to control the population of whitefly vectors and to use virus-free seedlings. The most effective method for whitefly control is to apply the insecticide-based control program. Yellow sticky traps [papers] can also be used as an auxiliary tool to capture adult whiteflies to slow down the spreading of whitefly-transmitted viruses.

Key words: *Crinivirus*, whitefly vector, *Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum*, *T. abutilonea*, biotype

表 1. 粉蝨傳播之 criniviruses 種類、寄主範圍及地理分布
Table 1. Species, host range and geographic distribution of whitefly-transmitted criniviruses

Criniviruses	Host range	Distribution	Vectors
Abutilon yellows virus (AbYV)	*Abutilon* spp.	USA	*Trialeurodes abutilonea*
Diodia vein chlorosis virus (DVCV)	*Diodia virginiana*, button-weed	USA	*T. abutilonea*
Beet pseudo yellows virus (BPYV)	Very wide, beet, strawberry, spinach, endive, lettuce, squash, cucumber, muskmelon, sugar beet, carrot, dandelion, *Gomphrena*, *Callistephus*, *Aguilegia*, *Tagetes* (marigold), zinnia, and *Godetia* sp.	World wide, New Zealand, USA, France, Netherlands, Spain, Turkey, Japan, Australia, France, Greece, England, Costa Rica	*T. vaporariorum*
Bean yellow disorder virus (BnYDV)	*Phaseolus vulgaris* cv. Donna	Spain	*Bemisia tabaci* biotype Q
Lettuce chlorosis virus (LCV)	Lettuce, sugar beet, weeds	USA	*B. tabaci* biotype A and B
Lettuce infectious yellows virus (LIYV)	Very wide, lettuce, sugar beet, cucurbits, weeds	USA, Mexico	*B. tabaci* biotype A
Cucurbit yellow stunting disorder virus (CYSDV)	Cucurbitaceae, melon, watermelon, cucumber, pumpkin, alfalfa, lettuce, snap bean, weeds, alkali mallow, Wright's groundcherry	United Arab Emirates, Saudi Arabia, Turkey, Egypt, Spain, and Israel, Lebanon, Syria, American, Morocco, Canary Islands, Jordan, Mexico, Portugal, France, Mexico	*B. tabaci* biotype A and B

(continued)

Criniviruses	Host range	Distribution	Vectors
Cucurbit chlorotic yellows virus (CCYV)	Melon, watermelon, cucumber, pumpkin, bottle gourd	Japan, Taiwan,China	*B. tabaci* biotype B and Q
Strawberry pallidosis associated virus (SPaV)	Strawberry	Australia, Canada, USA	*T. vaporariorum*
Blackberry yellow vein virus (BYVaV)	Blackberry, strawberry	USA	*T. vaporariorum*
Sweet potato chlorotic stunt virus (SPCSV)	Sweet potato	World wide, Africa, Argentina, Israel, Nigeria, American, China, Uganda	*B. tabaci* biotype B *T. abutilonea*
Potato yellow vein virus (PYVV)	*Solanum*, weeds, potato, *Catharanthus roseus*, *Lycopersicon* spp., *Polygonium* spp., *Rumex obtusifolium*, *Solanum nigrum*, *S. tuberosum*, *Tagetes* spp.	USA, Colombia, Ecuador, Peru, Venezuela	*T. vaporariorum*
Tomato infectious chlorosis virus (TICV)	Tomato, weeds, bristly oxtongue, tree tobacco, wild artichoke, ranunculus, China aste, petunia, lettuce, ornamentals, zinnia	USA, Indonesia, Japan, Jordan , Taiwan, Italy, Greece, Spain, Taiwan, Czech Republic, Mexico,	*T. vaporariorum*
Tomato chlorosis virus(ToCV)	Tomato, weed, agronomic, and ornamental plant, Sweet Pepper, zinnia	USA, Spain, Italy, Greece, Morocco, Puerto Rico, Taiwan, Europe, Canary Islands, Portugal, Japan, Hungary, Brazil,	*B. tabaci* biotype A, B *T. abutilonea* *T. vaporariorum*

表 2. 洋香瓜田防治粉蝨之已登記藥劑種類
Table 2. Categories of insecticides registered on muskmelon

藥　劑　名　稱	化學分類	使用倍數	安全採收期(天)
20% 達特南水溶性粒劑	新尼古丁類(IRAC-4A)	3000	6
16% 可尼丁水溶性粒劑	新尼古丁類(IRAC-4A)	3000	9
10% 賽速安水溶性粒劑	新尼古丁類(IRAC-4A)	4000	6
9.6% 益達胺溶液	新尼古丁類(IRAC-4A)	1500	21
2% 阿巴汀乳劑	氯離子通道活化(IRAC-6)	1000	12
2.4% 第滅寧水懸劑	合成除蟲菊類(IRAC-3A)	1000	6
25% 派滅淨可濕性粉劑	取食抑制劑(IRAC-9B)	1200	6
11% 百利普芬乳劑	昆蟲生長調節劑類-青春激素類似物(IRAC-7C)	1000	9
25% 布芬淨可濕性粉劑	昆蟲生長調節劑類-幾丁質合成抑制劑(IRAC-16)	1000	15
10% 氟尼胺水分散性粒劑	同翅目取食抑制(IRAC-9C)	2000	6
10% 克凡派水懸劑	干擾質子梯度分解氧化磷酸化反應(IRAC-13)	1000	6
40.4% 賽果培水懸劑	新尼古丁類(IRAC-4A)	4000	21

圖 1. 國內瓜類褪綠黃化病毒感染洋香瓜及甜瓜之病徵。(A) 初期病徵。(B) 葉脈間黃化、葉脈呈綠色之病徵。(C) 老葉及中老葉之病徵。

Fig. 1. Symptoms on cantaloupe and melon plants infected with *Cucurbit chlorotic yellows virus*. (A) obscure yellow spots, (B) interveinal yellowing, (C) infected melon plants.